

glycerol 筋並びに脱 Hysteresis Glycerol 筋の 短縮に対する Mg^{++} , Ca^{++} の影響*

藤 田 敬 治

札幌医科大学生理学教室 (主任 永井教授)

The Effects of Mg and Ca Ions on the Shortening of Glycerinated and Dehysteresis-Glycerinated Muscle Fibers

By

KEIJI FUJITA

Department of Physiology, Sapporo University of Medicine
(Chief: Prof. T. NAGAI)

AM-ATP 系の研究において, A. Szent-Györgyi 学派により一種の筋模型として重視された glycerol 筋は, 筋収縮面において安定な材料であるが, 弛緩面に関しては出現性に乏しいことが指摘され, その後多くの人々によつて弛緩面の機構についても検討を加えられてきた。

A. Szent-Györgyi¹⁾, 永井²⁾等によれば, glycerol 筋に弛緩の認め難きことは AM 系の結合の異常強化, 即ち hysteresis に基づくものとして, glycerol 筋はかなり生理的 AM と異なるものであるという。

最近 E. Bozler³⁾, 丸山⁴⁾は, 高濃度 ATP による glycerol 筋の弛緩現象を観察し, 弛緩後 Ca^{++} が惹起する収縮が生筋収縮の再現を想わすと述べている。また永井²⁾は脱 hysteresis glycerol 筋の重要性を示唆し, 高濃度 ATP による脱 hysteresis glycerol 筋はかなり生理的条件に近い可能性を有するという。

かかる観点に基づいて著者は, glycerol 筋並びに脱 hysteresis glycerol 筋に対する Mg^{++} , Ca^{++} の影響を検討しそれぞれの態度の差から以上の見

解を支持する 2, 3 の知見を得たので報告する。

実験方法

1) glycerol 筋: A. Szent-Györgyi⁵⁾ の方法に従い家兎腰筋より作製, 2~13 日処理の材料を使用した。なお実験に供する時は, 室温で 20% glycerol に 1 時間放置した後, 直径 0.3 mm, 長さ 30 mm の小筋線維に分けて使用した。

2) ATP: A. Szent-Györgyi⁵⁾ の方法で精製分離した Ba 塩で, free ATP として純度 40% のものを K-salt とし, pH 7 で使用した。なお K 濃度は 0.16 M に補正した (但し 2×10^{-2} M ATP では $K=0.2$ M)。

3) Mg^{++} : $MgCl_2$ は 0.16 M KCl, または各濃度 ATP に混在せしめ, それぞれ終濃度 10^{-2} M, 5×10^{-3} M, 10^{-3} M, 10^{-4} M として使用した。

4) Ca^{++} : $CaCl_2$ は 0.16 M KCl, または各濃度 ATP に混在せしめ, それぞれ終濃度 10^{-2} M, 10^{-3} M, 10^{-4} M, 10^{-5} M として実験に供した。

5) 実験装置: 丸山⁶⁾の方法に従つて等張性槓杆を用い, 短縮伸展は Kymographion に装置した煤紙上に描記した (荷重: 200 mg)。

実験はすべて室温 (18~20°C) で行つた。

* 本研究費の一部は北海道総合開発局よりの科学研究費補助金によつた。こゝに深甚の謝意を表す。

1) Szent-Györgyi, A.: Chemistry of Muscular Contraction (1951).

2) 永井・宮崎: 札幌医誌 4, 232 (1953).

3) Bozler, E.: Am. J. Physiol. 168, 760 (1952).

4) 丸山・他: 札幌医誌 5, 169 (1954).

5) Szent-Györgyi, A.: Chemistry of Muscular Contraction (1947).

6) 丸山: 札幌医誌 4, 87 (1953).

実験成績

1. glycerol 筋の ATP 短縮に対する Mg^{++} , Ca^{++} の影響

Fig. 1 に示す如く, $10^{-3} M$ $MgCl_2$ (A) は対照 (B) に比し, 著明に短縮高並びに短縮速度を促進し, $10^{-3} M$ $CaCl_2$

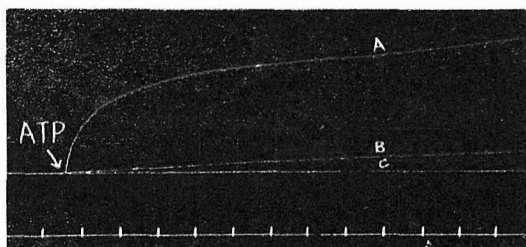


Fig. 1. The effect of Mg and Ca ion on the shortening of glycerinated muscle fibers in the presence of ATP.

Fiber: treated for 7 days. Room temperature $19^{\circ}C$. Time marks: 15 sec.

ATP: $4 \times 10^{-3} M$ (final concentration).

A; ATP + $10^{-3} M$ $MgCl_2$. B; ATP (control).

C; ATP + $10^{-3} M$ $CaCl_2$.

(C) は全く短縮を抑制した。この他 $4 \times 10^{-3} M$ ATP に, $10^{-3} M$ $MgCl_2$ 及び $10^{-3} M$ $CaCl_2$ を共存した場合は, $MgCl_2$ を単独に作用させた如く短縮を促進するのを観察した。

2. glycerol 筋の ATP 短縮に対する Mg^{++} の濃度影響

Fig. 2 に示す如く, $10^{-2} M$ で短縮に次いで伸展を認め (A), $10^{-3} M$ で最大短縮 (B), $5 \times 10^{-3} M$ (C) で対照 (E) を

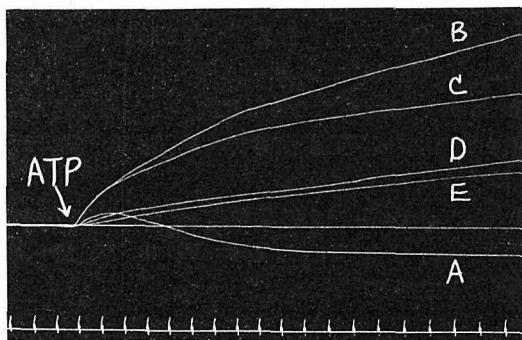


Fig. 2. The effect of concentration of Mg ion on the shortening of glycerinated muscle fibers in the presence of ATP.

Fiber: treated for 13 days. Room temperature $20^{\circ}C$. Time marks: 15 sec.

ATP: $4 \times 10^{-3} M$ (final concentration)

A; ATP + $10^{-2} M$ $MgCl_2$. B; ATP + $10^{-3} M$ $MgCl_2$.

C; ATP + $5 \times 10^{-3} M$ $MgCl_2$. D; ATP + $10^{-4} M$ $MgCl_2$.

E; ATP (control).

上廻る短縮を示したが, $10^{-4} M$ (D) においては対照とほぼ同様の短縮を示した。

3. glycerol 筋の ATP 短縮に対する Ca^{++} の濃度影響

Fig. 3 に示す如く, 対照 ① に比し, 各濃度 ($10^{-5} M$, $10^{-4} M$, $10^{-2} M$) に短縮抑制を認めた。なお図に見られる如く, 短縮抑制は濃度を増すに従つて, ③, ④ の如く

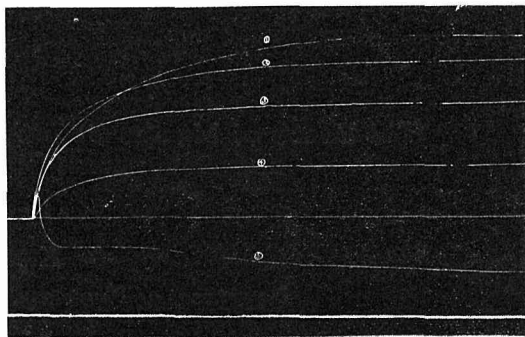


Fig. 3. The effect of concentration of Ca ion on the shortening of glycerinated muscle fibers in the presence of ATP.

Fiber: treated for 2 days. Room temperature $20^{\circ}C$. Time marks: 6 sec.

ATP: $2 \times 10^{-2} M$ (final concentration).

①: ATP (control). ②: ATP + $10^{-5} M$ $CaCl_2$.

③: ATP + $10^{-4} M$ $CaCl_2$. ④: ATP + $10^{-2} M$ $CaCl_2$.

⑤: ATP (pre-incubated by $0.16 M$ KCl + $10^{-2} M$ $MgCl_2$) (control).

著明である。なお図中 ⑤ に見られる如く, $0.16 M$ KCl に $10^{-2} M$ $MgCl_2$ を共存した塩溶液で 5 分間前処置した時は, 短縮に次いで伸展を認めた。

4. glycerol 筋の伸展に対する Mg^{++} , Ca^{++} の影響

Fig. 4 (a) に示す如く, 対照 (A) に比し $MgCl_2$ (C) は, 短

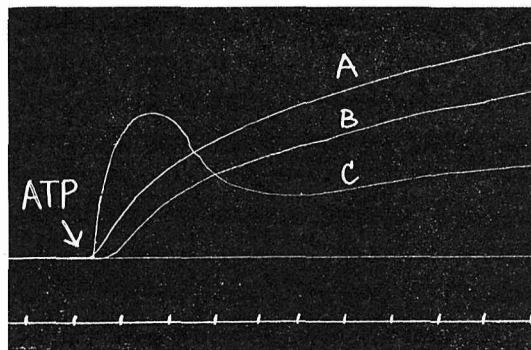


Fig. 4. (a). The effect of Mg and Ca-ion on the extension of glycerinated muscle fibers in the presence of ATP.

Fiber: treated for 7 days. Room temperature $19^{\circ}C$. Time marks: 15 sec.

ATP: $10^{-2} M$ (final concentration).

A; ATP (control). B; ATP + $10^{-3} M$ $CaCl_2$.

C; ATP + $10^{-3} M$ $MgCl_2$.

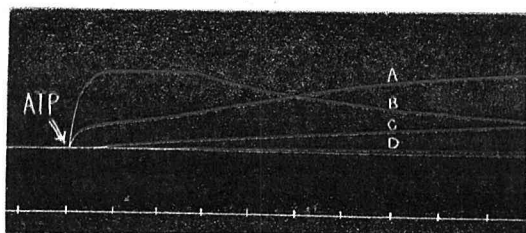


Fig. 4. (b). The effect of Mg and Ca ion on the extension of glycerinated muscle fibers in the presence of ATP.

Fiber: treated for 2 days. Room temperature 20°C. Time marks: 15 sec.

ATP: 4×10^{-3} M (final concentration).

A; ATP + 10^{-2} M $MgCl_2$ + 10^{-3} M $CaCl_2$. B; ATP + 10^{-2} M $MgCl_2$. C; ATP (control). D; ATP + 10^{-2} M $CaCl_2$.

縮速度並びに伸展を促進し, $CaCl_2$ (B) は短縮高を抑制し, さらに Fig. 4 (b) に示す如く, Ca は伸展を抑制した。

5. 脱 hysteresis glycerol 筋の短縮に対する Mg^{++} , Ca^{++} の影響

Fig. 5 に示す如く, 10^{-3} M $MgCl_2$ (B) は伸展状態を持続し, 10^{-3} M $CaCl_2$ (C) は著明な短縮を惹起した。また (D) に見られる如く, 10^{-3} M $MgCl_2$ と 10^{-3} M $CaCl_2$ を混在して作用せしめた時は, $CaCl_2$ を単独で作用せしめたと同様に著明な短縮を惹起した。なお 0.16 M KCl (A), 及び蒸溜

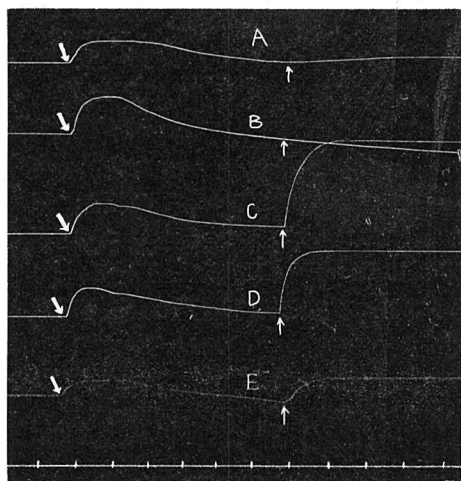


Fig. 5. The effect of Mg and Ca ion on the dehyseresis glycerinated muscle fibers.

Fiber: treated for 2 days. Room temperature 20°C. Time marks: 15 sec.

Arrows down: 4×10^{-3} M ATP + 10^{-2} M $MgCl_2$ added. Arrows up: A; 0.16 M KCl. B; 0.16 M KCl + 10^{-3} M $MgCl_2$. C; 0.16 M KCl + 10^{-3} M $CaCl_2$. D; 0.16 M KCl + 10^{-3} M $MgCl_2$ + 10^{-3} M $CaCl_2$. E; distilled water.

水 (E) でも短縮を認めたが, 短縮速度, 短縮高ともに Ca のそれに比し著明でない。

また Fig. 6 に示した如く, ATP 液を捨て 0.16 M KCl + 10^{-3} M $MgCl_2$ で洗滌せる後 $CaCl_2$ を添加した場合も, 対照の洗滌せぬ場合と同様に短縮を示した。

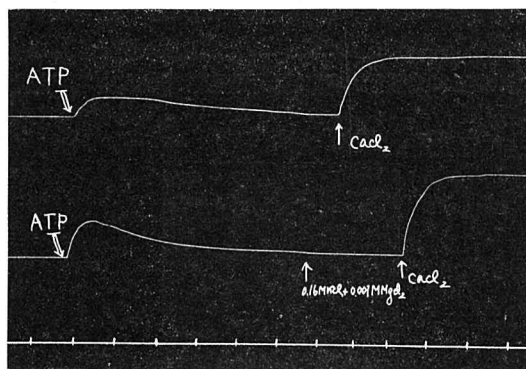


Fig. 6. The effect of washing for the Ca-contraction of dehyseresis-glycerinated muscle fibers.

Fiber: treated for 2 days. Room temperature 20°C. Time marks: 15 sec.

ATP: 4×10^{-3} M + 10^{-2} M $MgCl_2$.

$CaCl_2$: 0.16 M KCl + 10^{-3} M $CaCl_2$.

6. 脱 hysteresis glycerol 筋に対する Mg^{++} の濃度影響

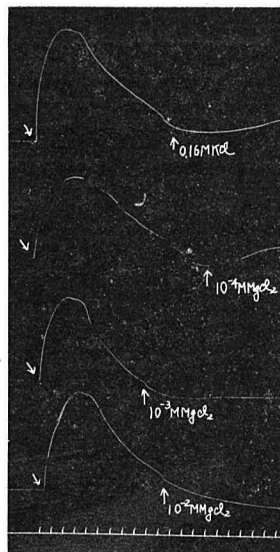


Fig. 7. The effect of concentration of Mg ion on the shortening of dehyseresis-glycerinated muscle fibers.

Fiber: treated for 3 days. Room temperature 18°C. Time marks: 15 sec.

Arrows: ATP added (8×10^{-3} M ATP + 3×10^{-3} M $MgCl_2$).

Fig. 7 に示す如く、 10^{-4} M MgCl_2 では対照の 0.16 M KCl と同様に軽度の短縮を認め、 10^{-3} M、 10^{-2} M と濃度を増すに従い伸張を示した。

7. 脱 hysteresis glycerol 筋に対する Ca^{++} の濃度影響

Fig. 8 に示す如く、各濃度 (10^{-4} M、 10^{-3} M、 10^{-2} M) に短縮を認めたが、 10^{-4} M では短縮速度の遅延を認めた。

なお以上の各成績は何れも数回の実験において再現性を確めた。

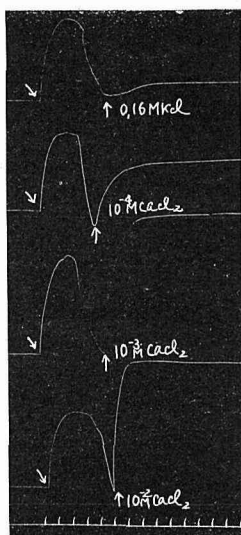


Fig. 8. The effect of concentration of Ca ion on the shortening of dehyseresis glycerinated muscle fibers.

Fiber: treated for 3 days. Room temperature 18°C. Time marks: 15 sec.

Arrows: ATP added (8×10^{-3} M ATP + 3×10^{-3} M MgCl_2).

総括並びに考按

實驗材料の検討: E. Bozler³⁾、丸山⁴⁾によれば、glycerol 筋は作製方法によりその性質がやや異なる。特に弛緩の難易は glycerol 処理の温度、処理日数に関係するといふ。著者の使用した glycerol 筋は 2~13 日の種々の処理日数を経たものであり、筋線維の条件の差を考慮に入れねばならぬが、前述の実験成績の示す如く、処理日数 2~3 日では伸張し易き傾向を認めたが、処理日数 13 日目にお

いても 4×10^{-3} M ATP + 10^{-2} M MgCl_2 で伸張を認めた事実より、処理方法の他、筋線維の個体差が顕著なることを示唆するものである。しかし一定条件下において ATP により短縮並びに伸張を示したことより、処理日数の多寡により (2 週以内) 本質的な相違は認められない。

H. H. Weber⁷⁾ は筋弛緩に関して、M-B factor を重視し、永井²⁾、丸山⁴⁾は M-B factor の外、筋線維内に存在する ATP 含量を重視した。最近柳原⁸⁾により glycerol 筋線維の ATP 含量と塩溶液中に glycerol 筋を切離した時の短縮がほぼ平行関係にあることが実証された。

A. G. Szent-Györgyi⁹⁾によれば ATP には AM 系の hysteresis 除去効果があり、また H. H. Weber¹⁰⁾は、ATP に plasticising effect があるといふ。しかして永井の見解によれば、弛緩 = plasticising effect = 脱 hysteresis = AM の解離である。この観点に立てば、前述の筋線維の態度の差は、AM の結合の強弱であることを示唆するものである。

さらに注目すべきは、 MgCl_2 存在下で ATP の生理的濃度 (4×10^{-3} M) で伸張を認めたことである。同様の現象を E. Bozler³⁾は 1 日間保存した preparation で MgCl_2 存在下において観察しているが、著者は数多くの予備実験でしばしばこの事実を経験した。このことは前述の glycerol 筋の hysteresis の状態が弱いことを示す外、使用した ATP の純度についても検討を要するものと思ふ。

藤田¹¹⁾によれば、高濃度 ATP により弛緩させた glycerol 筋は特有なスペクトルは全く失われ白濁して表面粗雑になるという。著者は 2×10^{-2} M ATP で特にこの点に注意したが、従来いわれている如く、硝子状透明化し弾性を増すことを確めた。但しスペクトルはやや不明瞭になる。

Glycerol 筋の短縮に対する Mg^{++} の影響: Glycerol 筋の ATP 短縮に対する Mg の影響については N. K. Sarkar¹²⁾、S. Korey¹³⁾が促進効果を報告し、丸山¹⁴⁾は Mg 作用に関しては濃度が重要因子をなし、低濃度で短縮促進、高濃度で抑制的に作用するという。本成績も Mg は明かに短縮を促進し、さらに濃度影響をみるに低濃度において短縮高並びに短縮速度を促進し、濃度を増すにつれ伸張を促進し、丸山の成績と一致する。但し濃度的関係において丸山と異なるが、この差異は実験条件の差 (荷重の有無) に帰すると考えられる。

E. Bozler¹⁵⁾は glycerol 筋につき、ion 濃度が高いと

7) Weber, H. H.: Biochim. et Biophys. Acta 10, 629 (1953).

8) 柳原: 札幌医誌 6, 348 (1954).

9) Szent-Györgyi, A. G.: Enzymologia 14, 246 (1950).

10) Weber, H. H.: Advances Prot. Chem. 7, 161 (1952).

11) 藤田: 日本薬理学雑誌 53, 183 (1954).

12) Sarkar, N. K.: Enzymologia 14, 267 (1950).

13) Korey, S.: Biochim. et Biophys. Acta 4, 58 (1950).

14) 丸山・他: 札幌医誌 4, 94 (1953).

15) Bozler, E.: Am. J. Physiol. 167, 276 (1951).

低濃度 ATP においても弛緩するという。Mg の濃度に関する本成績は氏の想定に確証をあたえるものといえよう。しかし氏は preparation の感受性が異なるため量的研究は不可能という。この点に関しては著者の preparation は氏と glycerol 処理方法が異り、さらに氏が弛緩を認めないという preparation¹⁹⁾ (処理後 10 日以上を経た) を用いて得たものであるから、仮令個体差があるにせよ glycerol 筋が Mg の濃度により短縮促進並びに伸展をきずことを示すものである。

短縮に対する $MgCl_2$ の至適濃度に関して S. Korey¹³⁾ は 10^{-2} M, N. K. Sarkar¹²⁾ は 5×10^{-4} M で最大短縮するといひ、本成績と異なる。この相違は使用した ATP 純度の他、筋線維の太さ、荷重の差と思考される。glycerol 筋の短縮高を論ずる場合、Mg 濃度の外、ATP 濃度⁹⁾、glycerol 筋の条件 (処理方法⁹⁾、処理日数⁹⁾、太さ)、加重が重要な因子である。

Glycerol 筋の短縮に対する Ca^{++} の影響: 丸山¹⁴⁾ は glycerol 筋の ATP 短縮が Ca により抑制されると述べ、また実験条件の差はあるが、W. J. Bowen¹⁶⁾ は actomyosin 系の ATP 短縮速度は Ca で抑制するという。本成績は氏等の成績と一致するものである。この際注意すべきは S. Korey が 10^{-2} M $CaCl_2$ を ATP に混合した際 nucleotide の沈澱を認め、Ca の影響を評価出来ぬと述べており、著者も 10^{-2} M $CaCl_2$ で ATP 液の白濁を認めた。しかしながら、かかる現象があるにせよ上記の如く著明な Ca による影響を認め得る点から、白濁により多少濃度的な誤差ありとしても、本質的な作用に関しては問題にならぬと考えられる。また 10^{-2} M 以下の低濃度においては肉眼的にかかる白濁を認めなかつた。

glycerol 筋の ATP 短縮に対する Ca の効果についての先人の報告は、Mg のそれと比較して非常に少ない。特に濃度影響に関しては全くなく、濃度に関する比較は出来ないが、何れにせよ Ca は極く微量で短縮を抑制するものである。

さらに興味あることは、 4×10^{-3} M ATP に 10^{-3} M $MgCl_2$ 及び 10^{-2} M $CaCl_2$ を共存した場合、 $MgCl_2$ の作用が強く出て短縮を促進したことである。

Glycerol 筋の伸展に対する Mg^{++} の影響: E. Bozler¹⁷⁾ は等尺性槓杆を用いて濃厚 ATP による弛緩現象を検し、Mg は弛緩に促進的に作用するという。また丸山¹⁴⁾ は 0.5% ATP を用い、 10^{-2} M $MgCl_2$ 前処置で短縮促進並びに伸展

促進を認めている。本成績は氏等と一致するものである。但しここで問題になるのは Mg の前処置か或いは ATP 共存かであるが、著者の検したところでは、前処置、共存とも短縮並びに伸展に対して本質的な差異はなく、要するに Mg の濃度の問題であると考えられる。さらに本成績に見る如き二重収縮については先に永井²⁰⁾、丸山¹⁴⁾ が指摘し、最近 E. Bozler¹⁷⁾ もまた本現象に言及している。丸山によれば本現象は Mg の存在下で起り ATP 濃度が影響するといひ。著者もしばしばこの現象を認めているが、ATP 濃度の外、KCl 濃度、温度、荷重、筋線維の太さ等の条件も関係があるようである。就中この現象の必須の条件として Mg の存在が必要である。

前述の成績に示す如く、ATP 濃度一定であつても、Mg の濃度を増すことによつて伸展を認めている点より、glycerol 筋の伸展に対して ATP、Mg は共同的であると考えることが出来る。また低濃度 ATP においては Mg の濃度を増すことにより、高濃度 ATP においては微量の $MgCl_2$ の添加で伸展が認められることが示唆される。

glycerol 筋の弛緩に関して、最近いわゆる弛緩因子¹¹⁾,¹⁸⁾,¹⁹⁾ が注目されてきた。ここで注意すべきは、これらの弛緩因子は ATP 並びに Mg を混在せしめなければその作用を発揮し得ないことである。このことは弛緩因子の作用を否定出来ぬとしても ATP と Mg の弛緩作用の重要性も充分考慮すべきことを示唆する。pyrophosphate と Mg の弛緩効果に関する J. R. Bendall²⁰⁾ の成績は以上の点より興味深い。

Glycerol 筋の伸展に対する Ca^{++} の影響: E. Bozler¹⁵⁾ は Ca free の solution に保つことにより glycerol 筋は高濃度 ATP 下で弛緩を惹起し、Ca 存在下では収縮を認めるが弛緩は認められないという。本成績も氏と同様に Ca は短縮を抑制し、さらに伸展も抑制した。なお ATP 濃度、Ca 濃度を変えることによつても伸展は認められない。従来 monoiod 醋酸、adrenaline、pyrophosphate 等 glycerol 筋の短縮抑制物質は荷重下で伸展を示した²¹⁾,²²⁾。これ等の試薬における成績と実験条件の差はあるにしても、生理的物質である Ca が短縮を抑制し、さらに荷重下において伸展をきたさないことは注目すべきことであり、Ca の短縮抑制の機構が前述の試薬と異なることが思考される。

S. Korey¹³⁾ は glycerol 筋に弛緩が認められないといひ。しかし氏の実験で使用している温血動物用 Ringer 氏液には Ca を含有する。等張性槓杆を使用した (荷重不明)

16) Bowen, W. J.: Am. J. Physiol. 165, 10 (1951).

17) Bozler, E.: J. Gen. Physiol. 37, 63 (1953).

18) Marsh, B. B.: Nature 167, 1065 (1951).

19) Bendall, J. R.: Nature 170, 1958 (1952).

20) Bendall, J. R.: Nature 172, 586 (1953).

21) 伊藤: 札幌医誌 投稿中.

22) 丸山: 未 刊.

氏の実験において、glycerol 筋の伸展を認めなかつたのは、前処置に同液を使用したこともその原因の一つと思考する。

いわゆる弛緩因子は、微量の Ca により glycerol 筋に対する弛緩作用が失われるという。Ca が弛緩因子の作用を阻害するということは否定出来ぬとしても、弛緩因子の存在を余り考慮に入れなくとも良いと思われる本実験条件下で伸展の抑制を認めたことは注目すべきことである。

脱 hysteresis glycerol 筋の短縮に対する Mg^{++} の影響： E. Bozler²³⁾ によれば、Mg は濃厚 ATP で弛緩した glycerol 筋の状態を持続するために必要であるという。しかし氏は濃度に関して何等触れていない。Mg の濃度に関する本成績は、脱 hysteresis glycerol 筋の伸展を保つために Mg が必要な存在であるとしても、伸展を持続するには一定濃度を必要とすることを示すものである。しかし glycerol 筋の短縮を促進した $10^{-3} M MgCl_2$ が ATP による伸展後(脱 hysteresis)、逆に短縮を抑制し、さらに伸展を持続することは興味深い。

脱 hysteresis glycerol 筋の短縮に対する Ca^{++} の影響： Glycerol 筋の伸展後に対する Ca の作用に関しては E. Bozler²³⁾, J. R. Bendall¹⁹⁾, 藤田¹¹⁾ 等の報告があり、Ca は短縮を促進するという。本成績は氏等と一致するものである。さらに Ca は洗滌により free の ATP が存在しないと考えられる場合も同様な短縮促進を示した。H. H. Weber²⁾ によれば、かかる短縮促進効果は Ca によつて M-B factor の作用が失われるために惹起するという。本成績において Szent-Györgyi 型の glycerol 筋を用い、従つて M-B factor の存在をあまり重視出来ない場合においてもなお Ca により短縮を見たことは、M-B factor を介する以外に Ca の何等かの直接作用を考慮すべきことを示唆する。かかる観点において、J. R. Bendall²⁰⁾ が M-B factor と非常に作用が似ていると称する pyrophosphate を用い ATP, Mg 存在下に弛緩現象を検し、弛緩後に Ca による短縮を認めていることは注目すべき現象である。

glycerol 筋の短縮を抑制した $10^{-2} M$, $10^{-3} M CaCl_2$ が、脱 hysteresis glycerol 筋において逆に短縮を促進したことは $MgCl_2$ におけるそれと同様に注目すべきである。さらに $10^{-3} M CaCl_2$ を $10^{-3} M MgCl_2$ に混在せしめたところ、 $CaCl_2$ の作用が現れ短縮を促進したことに関しては E. Bozler²³⁾ も同様な現象を認めている。かかる脱 hysteresis glycerol 筋に対する Mg, Ca を混在せしめた場合も、glycerol 筋に対するそれと全く逆の現象であることは興味深い。また脱 hysteresis glycerol 筋に対し $0.16 M KCl$,

蒸溜水も短縮を促進したが、これらの物質は、glycerol 筋の短縮に対して著明な影響をあたえないか、若しくは蒸溜水では長時間でむしろ伸展を惹起する²³⁾。

以上を総括するに glycerol 筋並びに脱 hysteresis glycerol 筋に対し Mg, Ca はそれぞれ全く逆の作用を呈した。しかしてこれらの態度の差は両筋における AM の構造の差、即ち AM の結合状態の差によることが示唆される。E. Bozler²³⁾ によれば、glycerol 筋の収縮は生筋収縮の完全な再現でなく高濃度 ATP で弛緩後 Ca^{++} によつて生起される収縮こそ生筋のそれに対応するという。

また永井^{21), 24), 25)} は、glycerol 筋は hysteresis を有すること、この hysteresis は pyrophosphate, moniodo 醋酸、高濃度 ATP などにより除去されること、さらにこれらの諸試薬は glycerol 筋を伸展せしめることなどより、E. Bozler²³⁾ 並びに丸山⁹⁾ が認めた glycerol 筋の弛緩は hysteresis 除去過程に対応すると考えた。さらに凍結筋と同様、二重収縮の認められること、並びに弾性が生筋のそれに近似してくることなどより脱 hysteresis glycerol 筋を重要視している。何れにせよ、両筋の性質が異なることは明かであり、Mg, Ca の作用の異なる点よりもこのことを支持し得るものと思考する。

以上著者は Mg, Ca の現象面のみ追求して、なんらその作用機構に触れるところがなかつた。従来 AM 系に関する Mg, Ca の作用に関しては矛盾した data が多い。また試験管内の反応に対するこれらの作用をそのまま構造を保持した glycerol 筋に当てはめることは現在なお早計である。glycerol 筋に対する Mg, Ca の作用機構に関してはさらに詳細に検討した上論じられなければならない。

結 論

1) glycerol 筋の短縮並びに脱 hysteresis glycerol 筋の短縮に対する Mg^{++} , Ca^{++} の影響を比較検討した。

2) 前者に対して Ma^{++} は促進的に働き、

23) 丸山・他：札幌医誌 5, 86 (1954)。

24) 永井・寺山：生体の科学 4, 194 (1953)。

25) 永井・宮崎：高分子 3, 46 (1954)。

Ca^{++} は抑制的に作用した。

3) glycerol 筋の伸展に対して Mg^{++} は促進的に働き, Ca^{++} は抑制的に作用した。

4) 脱 hysteresis glycerol 筋に対して Mg^{++} は伸展を持続し, Ca^{++} は短縮を促進した。

5) 以上の如く両筋の短縮に対する Mg^{++} , Ca^{++} の作用はそれぞれ全く逆作用を示した。

稿を終るに当り, ATP の抽出に援助された教室の伊藤技師に感謝の意を表す。

(昭和 29. 11. 25 受付)

Summary

The effects of magnesium and calcium ions on the isotonic contraction of glycerinated and dehysteresis-glycerinated muscle fibers were studied with the following results.

1) Magnesium ion promotes, and calcium ion inhibits, the shortening of glycerinated muscle fibers.

2) Similarly, on the extension of glycerinated muscle fibers, magnesium ion shows a promoting effect and calcium ion produces an inhibiting effect.

3) Magnesium ion makes no remarkable change on the state of dehysteresis-glycerinated muscle fibers, but calcium ion enhances their contractility.

As mentioned above, the effect of magnesium and calcium ion on both muscle fibers was completely opposite.

(Received Nov. 25, 1954)